日　本　国　特　許　庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application: ２００２年１０月　９日

出願番号
Application Number: 特願２００２－２９６６０４

[ST.10/C]: [ＪＰ２００２－２９６６０４]

出願人
Applicant(s): 本田技研工業株式会社

２００３年　６月　５日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office 太田信一郎

出証番号　出証特２００３－３０４３７８０

【書類名】　特許願

【整理番号】　H102287701

【提出日】　平成14年10月 9日

【あて先】　特許庁長官　殿

【国際特許分類】　B62D 6/00

B62D 5/04

【発明者】

【住所又は居所】　埼玉県和光市中央１丁目４番１号
株式会社本田技術研究所内

【氏名】　浜本　恭司

【発明者】

【住所又は居所】　埼玉県和光市中央１丁目４番１号
株式会社本田技術研究所内

【氏名】　向　良信

【発明者】

【住所又は居所】　埼玉県和光市中央１丁目４番１号
株式会社本田技術研究所内

【氏名】　堀井　宏明

【発明者】

【住所又は居所】　埼玉県和光市中央１丁目４番１号
株式会社本田技術研究所内

【氏名】　渡辺　和久

【発明者】

【住所又は居所】　埼玉県和光市中央１丁目４番１号
株式会社本田技術研究所内

【氏名】　鶴宮　修

【特許出願人】

【識別番号】　000005326

【氏名又は名称】　本田技研工業株式会社

出証特２００３－３０４３７８０

【代理人】

【識別番号】　100064414

【弁理士】

【氏名又は名称】　磯野　道造

【電話番号】　03-5211-2488

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　015392

【納付金額】　21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【包括委任状番号】　9713945

【プルーフの要否】　要

【書類名】　　明細書

【発明の名称】　電動パワーステアリング用制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項１】

車両のステアリング系に操舵補助力を作用させる電動機を、前記ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサのトルク検出値と、前記車両の車速を検出する車速センサの車速検出値と、前記電動機の電流を検出する電動機電流検出手段の電流検出値に応じて少なくとも制御する電動パワーステアリング用制御装置であって、

前記トルク検出値に応じて前記電動機を駆動する目標電流値を設定する目標電流設定手段と、

前記目標電流値と前記電流検出値の偏差を算出する偏差算出手段と、

前記車速検出値に応じて増幅率を可変して前記偏差を増幅する増幅手段と、

前記増幅後の偏差に応じて前記電動機を比例制御する比例制御手段と、

前記増幅後の偏差に応じて前記電動機を積分制御する積分制御手段と、

前記トルク検出値の微分値であるトルク微分値に応じて前記増幅率を増加させる増幅率増加手段、

を備えることを特徴とする電動パワーステアリング用制御装置。

【請求項２】

前記増幅手段は、前記トルク微分値が所定値以上になったときに、このトルク微分値に応じて前記増幅率を増加させる手段であること、を特徴とする請求項１に記載の電動パワーステアリング用制御装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電動機パワーをステアリング系に直接作用させてドライバの操舵力を軽減する電動パワーステアリング用制御装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】

電動パワーステアリング装置は、電動機の駆動力を直接ステアリング系に作用して補助操舵トルクを発生し、ドライバの操舵力をアシストする。この電動パワーステアリング装置は、電動機の駆動を制御するために、まず、ＥＣＵ（制御装置）が操舵トルクや車速等に応じて電動機に供給する目標電流を設定し、これを電動機に流れる実電流と比較する。そして、比較した値である偏差を比例・積分制御手段により処理し、この処理に応じて電動機を制御するようにしている（例えば特許文献１）。

【０００３】

ところで、ＥＣＵは電動パワーステアリング装置の制御を司るＩＣ（マイコン）を有し、マイコンは操舵トルクに応じた目標電動機駆動信号（目標電流値）と実際に電動機に流れる電流（実電流値）が一致するように、換言すると偏差がゼロになるように、電流フィードバックを行う。ＥＣＵ及びマイコンを含んで構成される電流フィードバックループ内には、前記した偏差の値を車速に応じて増減するように、換言すると車速によりフィードバックループの応答性を可変にできるように、アッテネータが入れ込まれている（例えば特許文献２参照）。このアッテネータは、性能（応答性）と商品性（音）がバランスするように、高車速時ほど高ゲインにして応答性がよくなるようにし、低車速時ほど低ゲインにして電動機の音の発生を抑制するようにしている。

【０００４】

【特許文献１】

特開平７－１９６０４８号公報（例えば図１等参照）

【特許文献２】

特許第３１５２３３９号明細書（例えば請求項１、図４、図５等参照）

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、アッテネータは、高車速時の高い応答性と低車速時の静寂性を兼ね備えるゲイン（アッテネータゲイン）に設定されているため、低車速時に急操舵がなされると電動機による適切なアシストが行えない状況が生じ、操舵フィーリングが悪く感じられることがあった。また、より路面反力が大きな極低車速

時や停車時等に急操舵を行うと、電動機電流の振動が発生することがあった。この電動機電流の振動は、急速操舵中の僅かな時間ではあるが、これに起因する機械的な振動が人間の可聴帯域の振動となる場合は、いわゆる“ゴリ音”となってドライバに違和感を与え、商品性を損なうことがあった。また、ゴリ音とならないまでも、音や振動の発生は好ましくない。

【０００６】

そこで、本発明は、低車速時に急操舵が行われても適切にドライバの操舵に対するアシストが行え、また、音や振動の発生を抑制した、電動パワーステアリング用制御装置を提供することを課題とする。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

前記課題に鑑み本発明者らは鋭意研究を行い、急操舵時に適切なアシストが行えなかったり、音や振動が発生したりするのは、路面反力の大きな低車速時に急操舵に対する電動機の応答性が不足することが原因であること、つまりエンジン音や風切り音が相対的に小さな低車速時に静寂性を高めるために、アッテネータゲインを低車速時に低ゲインに設定していることが原因であること等を見出し、かかる知見に基づいて本発明を完成するに至った。

【０００８】

即ち、前記課題を解決した本発明（請求項１）は、ステアリング系に操舵補助力を作用させる電動機を、前記ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサのトルク検出値と、前記電動機の電流を検出する電動機電流検出手段の電流検出値に応じて少なくとも制御する電動パワーステアリング用制御装置である。そして、この電動パワーステアリング用制御装置は、前記トルク検出値に応じて前記電動機を駆動する目標電流値を設定する目標電流設定手段と、前記目標電流値と前記電流検出値の偏差を算出する偏差算出手段と、前記車速検出値に応じて増幅率を可変して前記偏差を増幅する増幅手段と、前記増幅後の偏差に応じて前記電動機を比例制御する比例制御手段と、前記増幅後の偏差に応じて前記電動機を積分制御する積分制御手段と、前記トルク検出値の微分値であるトルク微分値に応じて前記増幅率を増加させる増幅率増加手段、を備えることを特徴とす

る。

【０００９】

この構成によれば、車速に応じて増幅率（ゲイン）が増加されるので高車速時における応答性、低車速時における静寂性が確保される。さらに、トルク微分値に応じて増幅率が増加されるので、換言すると急操舵を行うと増幅率が増加されるので急操舵時における電動機の応答性が向上する。この急速操舵時における電動機の応答性の向上は、電動機による適切なアシストを実現する。また、電動機の応答性の向上は、極低車速時等における電動機電流の振動の発生を抑制するので、該振動に起因した音や振動（機械的な振動）が抑制される。

【００１０】

また、本発明（請求項２）の電動パワーステアリング用制御装置は、請求項１の構成において、前記増幅手段は前記トルク微分値が所定値以上になったときに、このトルク微分値に応じて前記増幅率を増加させる手段であることを特徴とする。

【００１１】

この構成によれば、微分値が所定値以上となったときに増幅率が増加される。このことにより、制御が安定して行われるようになる。なお、所定値は、後記する実施形態の不感帯ＤＺに相当する（図４（ｂ）参照）。この不感帯ＤＺは、「トルク微分値が所定値以上になったときに、このトルク微分値に応じて増幅率を増加させる手段」に相当する。従って、トルク微分値ΔＴが不感帯ＤＺ以下の操舵では、従来と全く同等の制御となる。

【００１２】

なお、本発明は、ステアリング系に操舵補助力を作用させる電動機を、前記ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサのトルク検出値と、前記電動機に流れる電流を検出する電動機電流検出手段の電流検出値に応じて少なくとも制御する制御方法として捉えることができる。この制御方法としては、前記トルク検出値に応じて前記電動機を駆動する目標電流値を少なくとも設定し、この目標電流値と前記電動機の実電流値との偏差を求め、この偏差に比例制御と積分制御を少なくとも行うようにすると共に、前記ステアリング系の急操舵を判断

すると前記偏差を増幅（増加）するものである。

【００１３】

この構成によれば、急操舵時における偏差が増幅されるので、電動機の応答性が向上（改善）する。この急操舵時における電動機の応答性の向上は、低車速時における電動機の応答性を向上するので、急操舵をしても、電動機による適切なアシストが実現され、操舵フィーリングが向上する。また、電動機の応答性の向上は、極低車速時等に急操舵をした際に発生する電動機電流の振動を抑制するので、該電動機電流の振動に起因した音や振動（機械的な振動）が抑制される。

【００１４】

なお、ゲインの増加や偏差の増幅は、急操舵の程度に応じて行うようにするのが好ましい。例えば、後記する実施形態のように、トルク微分値ΔＴに応じてアッテネータゲインＫ（第２のアッテネータゲインＫ２）が増加するようにするのが好ましい。急操舵の程度に応じた制御を行うことができるからである。

【００１５】

また、電動パワーステアリング用制御装置が、急操舵を判断する急操舵判断部を備えるようにしてもよい。ちなみに、後記する実施形態の不感帯ＤＺは、例えば急操舵か通常の操舵かを判別する閾値としての意義を有するということができ、このような不感帯ＤＺを有するマップｍｐ（図３、図４（ｂ）参照）により増幅率（アッテネータゲインＫ）を設定するアッテネータ２３（図２、図３参照）は、急操舵判断部を備えるアッテネータということができる。

【００１６】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の電動パワーステアリング用制御装置を具現化した電動パワーステアリング装置の実施の形態について説明する。

【００１７】

まず、図１を参照して、電動パワーステアリング装置１の全体構成について説明する。図１は、本実施形態の電動パワーステアリング装置の全体構成を示す図である。

電動パワーステアリング装置１は、ステアリングホイール３から操舵輪Ｗ、Ｗ

に至るステアリング系Ｓに備えられ、手動操舵力発生手段２による操舵力をアシストする。そのために、電動パワーステアリング装置１は、制御装置１２からの電動機制御信号ＶＯに応じて電動機駆動手段１３で電動機電圧ＶＭを発生し、この電動機電圧ＶＭによって電動機８を駆動して補助操舵トルク（補助操舵力）を発生させ、手動操舵力発生手段２による手動操舵力を軽減する。

【００１８】

手動操舵力発生手段２は、ステアリングホイール３に一体に設けられたステアリング軸４に連結軸５を介してステアリング・ギアボックス６内に設けたラック＆ピニオン機構７のピニオン７ａが連結される。なお、連結軸５は、その両端に自在継ぎ手５ａ、５ｂを備える。ラック＆ピニオン機構７は、ピニオン７ａに噛み合うラック歯７ｂがラック軸９に形成され、ピニオン７ａとラック歯７ｂの噛み合いにより、ピニオン７ａの回転運動をラック軸９の横方向（車両幅方向）の往復運動とする。さらに、ラック軸９には、その両端にタイロッド１０、１０を介して、操舵輪としての左右の前輪Ｗ、Ｗが連結される。

【００１９】

また、電動パワーステアリング装置１は、補助操舵力（補助操舵トルク）を発生させるために、電動機８が、ラック軸９と同軸上に配設される。そして、電動パワーステアリング装置１は、電動機８の回転をラック軸９と同軸に設けられたボールねじ機構１１を介して推力に変換し、この推力をラック軸９（ボールねじ軸１１ａ）に作用させる。

【００２０】

制御装置１２は、車速センサＶＳ、操舵トルクセンサＴＳ、電動機電流検出手段１４の各検出値Ｖ、Ｔ、ＩＭＯが入力される。そして、制御装置１２は、これらの検出値Ｖ、Ｔ、ＩＭＯに応じて電動機８に流す電動機電流ＩＭの大きさ及び方向を決定し、電動機駆動手段１３に電動機制御信号ＶＯを出力する。さらに、制御装置１２は、トルク検出値Ｔと電動機電流信号ＩＭＯに応じて、電動パワーステアリング装置１でのアシストを判定し、電動機８の駆動を制御する。

【００２１】

車速センサＶＳは、車速を単位時間当たりのパルス数として検出し、検出した

パルス数に対応したアナログ電気信号を車速検出値Ｖとして制御装置１２に送信する。なお、車速センサＶＳは、電動パワーステアリング装置１の専用センサであってもよいし、例えばブレーキロックを制御する装置や駆動輪のトラクションを制御する装置等、他のシステムの車速センサを利用してもよい。

【００２２】

操舵トルクセンサＴＳは、ステアリング・ギアボックス６内に配設され、ドライバによる手動の操舵トルクの大きさ及び方向を検出する。そして、操舵トルクセンサＴＳは、検出した操舵トルクに対応したアナログ電気信号をトルク検出値Ｔとして制御装置１２に送信する。なお、トルク検出値Ｔは、大きさを示す操舵トルクとトルクの向きを示すトルク方向の情報を含み、トルク方向は操舵トルクのプラス値／マイナス値で表され、プラス値は操舵トルク方向が右方向であり、マイナス値は操舵トルク方向が左方向である。このトルク検出値Ｔは制御装置１２内では、デジタル信号として処理される。

【００２３】

電動機電流検出手段１４は、電動機８に対して直列に接続された抵抗又はホール素子等を備え、電動機８に実際に流れる電動機電流ＩＭの大きさ及び方向を検出する。そして、電動機電流検出手段１４は、電動機電流ＩＭに対応した電動機電流値ＩＭＯを制御装置１２にフィードバック（負帰還）する。なお、電動機電流値ＩＭＯは、電流の大きさと電流の向き（補助アシストの方向）を示す情報を含み、電流の向きは電動機電流値ＩＭＯのプラス値／マイナス値で表され、プラス値は補助アシスト方向が右方向であり、マイナス値は補助アシスト方向が左方向である。

【００２４】

電動機駆動手段１３は、電動機制御信号ＶＯに応じて電動機電圧ＶＭを電動機８に印加して、電動機８を駆動する。電動機駆動手段１３は、例えば、図５に示すように４個のパワーＦＥＴ（Field Effect Transistor：電界効果トランジスタ）１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，１３ｄのスイッチング素子からなるブリッジ回路及び電源電圧（１２ｖ）１３ｅで構成される。パワーＦＥＴ１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，１３ｄの各ゲートＧ１，Ｇ２，Ｇ３，Ｇ４に電動機制御信号ＶＯが入力さ

れると、電動機制御信号ＶＯに応じて電動機８に電動機電圧ＶＭが印加される。すると、電動機８には電動機電流ＩＭが流れ、電動機８は電動機電流ＩＭに比例した補助操舵トルクを発生する。なお、電動機駆動手段１３の動作については後で詳細に説明する。

【００２５】

次に、図２を参照して、制御装置１２の構成について詳細に説明する。図２は、図１の制御装置のブロック構成図である。

制御装置１２は図示しないＩＣ（マイコン）及び周辺回路から構成され、マイコンが図示しないＲＯＭに書き込まれたプログラムを読み出すことにより該プログラムの各モジュール（後記する目標電流設定手段２１、偏差演算手段２２等）を実行して、電動パワーステアリング装置１の制御を行う。また、制御装置１２は、電動パワーステアリング装置１の制御を行うため、各種信号・情報・指令等を入出力する入出力ポート、アナログ信号をデジタル信号に変換してマイコンでデジタル処理するためのＡＤ変換器、マイコンが処理したデジタル信号をアナログ信号に変換するＤＡ変換器等を備える。この制御装置１２は、請求項の「電動パワーステアリング用制御装置」に相当する。

【００２６】

制御装置１２について、さらに詳細に説明する。制御装置１２は、主に、目標電流設定手段２１、偏差演算手段２２、アッテネータ２３、比例・積分制御手段２４、制御信号発生手段２５を含んで構成される。なお、制御装置１２は、補助操舵トルクを発生させるために、電動機８をフィードバック制御する構成をしている。なお、アッテネータ２３は請求項の「増幅手段」に、比例要素２４ａは請求項の「比例制御手段」に、積分要素２４ｂは請求項の「積分制御手段」に相当する。

【００２７】

目標電流設定手段２１は、操舵トルクセンサＴＳからのトルク検出値Ｔ及び車速センサＶＳからの車速検出値Ｖを入力して、このトルク検出値Ｔ及び車速検出値Ｖに対応した目標電流値ＩＭＳを設定する機能を有する。なお、目標電流値ＩＭＳは、電動機８に流す目標の電動機電流を設定する上で基準となる電流の情報

を含む値である。ちなみに、この目標電流値ＩＭＳは、トルク検出値Ｔに対して、トルク検出値Ｔが０近傍では０が対応づけられ（不感帯の設定）、所定のトルク検出値Ｔ以上になるとトルク検出値Ｔの増加に従って増加する値が対応づけられる。かつ、目標電流値ＩＭＳは、車速検出値Ｖに対して、路面反力の大きい低車速時は大きい値が対応づけられ、走行時の安定性を確保するために高車速時は小さい値が対応づけられている。なお、電動機８に流すことができる最大電流値が規定されているので、目標電流値ＩＭＳは、最大電流値以下に設定される。

【００２８】

偏差演算手段２２は、目標電流設定手段２１からの目標電流値ＩＭＳ及び電動機電流検出手段１４からの電流検出値（電動機電流値）ＩＭＯを入力して、この目標電流値ＩＭＳと電動機電流値ＩＭＯの偏差ΔＩを演算する機能を有する。

【００２９】

アッテネータ２３は、車速検出値Ｖに応じて増幅率Ｋを可変して偏差ΔＩを増幅する機能、トルク微分値ΔＴが所定値（不感帯ＤＺ）以上になったときにトルク微分値ΔＴに応じてアッテネータゲイン（増幅率）Ｋを増加する機能（つまり急操舵時に偏差ΔＩを増幅する機能）を有する。なお、アッテネータ２３は、請求項の「増幅手段」及び「増幅率増加手段」に相当する。

【００３０】

このアッテネータ２３を、図３、図４等を参照してさらに説明する。図３は、図２に示すアッテネータのブロック構成図である。図４の、（ａ）は車速検出値と第１のアッテネータゲインとの関係を示す図であり（図３のマップｍｐに相当）、（ｂ）はトルク微分値と第２のアッテネータゲインとの関係を示す図である（後記する式２に相当）。

【００３１】

図３に示すアッテネータ２３は、車速検出値Ｖに応じて第１のアッテネータゲインＫ１を設定する第１のアッテネータゲイン設定部２３ａ、トルク検出値Ｔからトルク微分値ΔＴを演算するトルク微分値演算手段２３ｂ、トルク微分値ΔＴに応じて第２のアッテネータゲインＫ２を設定する第２のアッテネータゲイン設定部２３ｃ、両アッテネータゲインＫ１，Ｋ２を加算してアッテネータゲインＫ

とする加算器２３ｄ、偏差ΔＩにアッテネータゲインＫを乗算して偏差ΔＩを増幅する（偏差ΔＩをアッテネータゲインＫに応じたものにする）乗算器２３ｅを備える。

【００３２】

ここで、アッテネータゲインＫと、第１のアッテネータゲインＫ１及び第２のアッテネータゲインＫ２の関係は、次の式１で表される。

Ｋ＝Ｋ１＋Ｋ２　　…　（式１）

【００３３】

また、第２のアッテネータゲインＫ２とトルク微分値ΔＴの関係は、次の式２で表される。ここで、ｋは調整係数、ＤＺは不感帯である。

Ｋ２＝ｋ×（ΔＴ－ＤＺ）　…　（式２）

なお、ΔＴ＜ＤＺのときはＫ２＝０とする。

【００３４】

ちなみに、第１のアッテネータゲインＫ１（ＡＴＮＢＡＳＥ項）は、車速検出値Ｖに対して図４（ａ）のように設定され、車速が低い程、第１のアッテネータゲインＫ１は小さくなっている。また、第２のアッテネータゲインＫ２（ＡＴＮＳＶＥＬ項）は、図４（ｂ）のように、トルク微分値ΔＴに応じたものになっている。なお、図４（ａ）は、図３に示すマップｍｐの内容に相当する。また、式２の調整係数ｋと不感帯ＤＺは例えば実験等に基づいて設定される。ちなみに、調整係数ｋの値が大きくなると第２のアッテネータゲインＫ２も大きくなる。また、不感帯ＤＺは、トルク微分値ΔＴの変化におけるノイズ等の影響を除去する。この不感帯ＤＺの存在により安定した制御を行うことができる。

【００３５】

比例・積分制御手段２４は、偏差Ｋ・ΔＩに対して比例処理を行って比例信号Ｉｐを演算する比例要素（比例制御手段）２４ａ、同じく偏差Ｋ・ΔＩに対して積分処理を行って積分信号Ｉｉを演算する積分要素（積分制御手段）２４ｂ、比例信号Ｉｐと積分信号Ｉｉを加算して比例・積分信号Ｉｐｉとする加算器２４ｃを含んで構成される。なお、偏差Ｋ・ΔＩに対して微分制御を行う微分制御手段を備えるようにし、比例・積分制御手段２４をＰＩＤ制御手段としてもよい。

【００３６】

制御信号発生手段２５は、比例・積分信号Ｉｐｉに応じて電動機８に供給する電動機電流ＩＭの向きと電流値に対応したＰＷＭ信号、オン信号、オフ信号を生成する。

【００３７】

次に、ＰＷＭ信号、オン信号、オフ信号を、図５等を参照して説明する。

ＰＷＭ信号は、電動機駆動手段１３のパワーＦＥＴ１３ａのゲートＧ１又はパワーＦＥＴ１３ｂのゲートＧ２に入力され、偏差ΔＩ（Ｋ・ΔＩ）の大きさに応じてパワーＦＥＴ１３ａ又はパワーＦＥＴ１３ｂをＰＷＭ駆動する信号である。なお、ＰＷＭ信号がゲートＧ１かゲートＧ２のどちらのゲートに入力されるかは、目標電流値ＩＭＳの極性によって決まる。一方、オフ信号、オン信号は、パワーＦＥＴ１３ｘをオン／オフする信号である。これら、ＰＷＭ信号、オン信号、オフ信号により、パワーＦＥＴ１３ｘは、次のように動作する（ｘ；ワイルドカード）。即ち、ゲートＧ１又はゲートＧ２のうちＰＷＭ信号が入力されないゲートにはオフ信号が入力され、パワーＦＥＴ１３ａ又はパワーＦＥＴ１３ｂはオフされる。そして、ゲートＧ１にＰＷＭ信号が入力される場合には、パワーＦＥＴ１３ｄのゲートＧ４にオン信号が入力され、パワーＦＥＴ１３ｄがオン駆動される。また、ゲートＧ１にオフ信号が入力される場合には、ゲートＧ４にオフ信号が入力され、パワーＦＥＴ１３ｄはオフされる。他方、ゲートＧ２にＰＷＭ信号が入力される場合には、パワーＦＥＴ１３ｃのゲートＧ３にオン信号が入力され、パワーＦＥＴ１３ｃがオン駆動される。また、ゲートＧ２にオフ信号が入力される場合には、ゲートＧ３にオフ信号が入力され、パワーＦＥＴ１３ｃはオフされる。なお、電動機制御信号ＶＯは、電動機駆動手段１３のゲートＧ１～Ｇ４に出力するＰＷＭ信号、オン信号、オフ信号で構成される。

【００３８】

続いて、図５を参照して、電動機駆動手段１３の回路の構成について説明する。図５は、図１の電動機駆動手段の回路図である。

【００３９】

電動機駆動手段１３は、４個のパワーＦＥＴ１３ａ，１３ｂ，１３ｃ，１３ｄ

でブリッジ回路が構成され、電源電圧１３ｅから１２Ｖの電圧が供給される。さらに、電動機駆動手段１３は、電動機８がパワーＦＥＴ１３ａとパワーＦＥＴ１３ｄの間に直列にかつパワーＦＥＴ１３ｂとパワーＦＥＴ１３ｃの間に直列に接続される。パワーＦＥＴ１３ａ，１３ｂは、各ゲートＧ１，Ｇ２にＰＷＭ信号又はオフ信号が入力され、ＰＷＭ信号が入力されて論理レベル１の時にオンする。パワーＦＥＴ１３ｃ，１３ｄは、各ゲートＧ３，Ｇ４にオン信号又はオフ信号が入力され、オン信号が入力されたときにオンする。そして、電動機駆動手段１３では、パワーＦＥＴ１３ａとパワーＦＥＴ１３ｄによって電動機８を正回転方向（発生する補助操舵トルクが右方向）にＰＷＭ駆動し、パワーＦＥＴ１３ｂとパワーＦＥＴ１３ｃによって電動機８を逆回転方向（発生する補助操舵トルクが左方向）にＰＷＭ駆動する。なお、電動機８に印加される電動機電圧ＶＭは、ＰＷＭ信号のデューティ比によって決定される。そして、電動機８に流れる電動機電流ＩＭは、電動機電圧ＶＭに対応する。例えば、ＰＷＭ信号のデューティ比が７（論理レベル１）：３（論理レベル０）の場合、１２Ｖ×（７／１０）＝８．４Ｖが電動機電圧ＶＭとなり、電動機８に平均して８．４Ｖが印加されていることになる。

【００４０】

次に、以上説明した構成の電動パワーステアリング装置１の動作を、図１～図６を参照して説明する。図６は、アッテネータゲインＫを設定する動作を示すフローチャートである。

【００４１】

制御装置１２は、操舵トルクセンサＴＳによりドライバの操舵方向を含む操舵トルクを、車速センサＶＳにより車速を、電動機電流検出手段１４により電動機電流を、常時監視している。操舵トルクセンサＴＳが検出した操舵トルクはトルク検出値Ｔとして、車速センサＶＳが監視した車速は車速検出値Ｖとして、電動機電流検出手段１４が検出した電動機電流は電動機電流値ＩＭＯとして、それぞれ制御装置１２内でデジタル処理される。

【００４２】

この状況でドライバが操舵を行うと、制御装置１２の目標電流設定手段２１は

、トルク検出値Ｔ及び車速検出値Ｖに対応した目標電流値ＩＭＳを設定する。次に、電流フィードバックを行うため、偏差演算手段２２で、目標電流値ＩＭＳと電動機電流値ＩＭＯとの偏差ΔＩが演算される。

【００４３】

偏差ΔＩは、アッテネータ２３の乗算器２３ｅでアッテネータゲインＫが乗じられて増幅される（増幅された偏差Ｋ・ΔＩ）。この増幅の際に乗じられるアッテネータゲインＫは、車速検出値Ｖに応じた第１のアッテネータゲインＫ１（図４（ａ）のＡＴＮＢＡＳＥ項）とトルク微分値ΔＴに応じた第２のアッテネータゲインＫ２（図４（ｂ）のＡＴＮＳＶＥＬ項）を足し合わせたものになっている。このように、アッテネータゲインＫは、第１のアッテネータゲインＫ１の影響で、低車速では相対的にゲインの値が低く、高車速では相対的にゲインの値が高くなるように設定される。ちなみに、このようなアッテネータゲインＫ（殊に第１のアッテネータゲインＫ１）の設定により、高車速時では応答性がよく、低車速時では静寂性がよいという、基本制御ポリシが特徴付けられる。

【００４４】

次に、アッテネータ２３で処理された偏差Ｋ・ΔＩは、比例・積分制御手段２４の比例要素２４ａ及び積分要素２４ｂでそれぞれ処理され、その結果の比例信号Ｉｐと積分信号Ｉｉは、加算器２４ｃで加算して比例・積分信号Ｉｐｉとされる。制御信号生成手段２５は、この加算された比例・積分信号Ｉｐｉに応じて電動機８に供給する電動機電流ＩＭの向きと電流値に対応したＰＷＭ信号、オン信号、オフ信号を生成し、該信号に応じて電動機駆動手段１３が電動機８を駆動する。

【００４５】

ところで、制御装置１２は、アッテネータ２３のアッテネータゲインＫ（第１のアッテネータゲインＫ１）が低車速で小さくなるようにしてあるので、低車速時における電動機８による音の発生が抑制され、低車速で必要な最低限の応答性を満足しつつエンジン音や風切り音等の小さな低車速時における静寂性が確保される。このことは、路面反力が大きな低車速時（殊に極低車速時や停車時）での応答性が相対的に劣る設定になっていることを意味する。従って、低車速時にお

ける急操舵の際に電動機８の応答性が低下して、操舵フィーリングが悪くなる。

さらに、ドライバが極低車速時に急なステアリング操作や停車時に据え切り等を行うと、ステアリング操作に電動機８の駆動が充分に目標値に追従せず、出力飽和が起こる。このため、偏差ΔＩの大きな状態が長く続くことになり、比例・積分手段２４（積分要素２４ｂ）における積分項が長い時間に渡って蓄積され、積分信号Ｉｉが大きな値になって不安定になる。この結果として電動機８に供給される電流値が不安定になり、従来技術で述べたようにゴリ音が発生したり、ゴリ音が発生しないまでも音や振動が発生したりする。つまり、低車速時に電動機８の音を静かにしようとしたことで、逆に音が発生してしまうことになる。

【００４６】

そこで、本実施形態では、アッテネータ２３が、第１のアッテネータゲインＫ１に加算する第２のアッテネータゲインＫ２を備えている。この第２のアッテネータゲインＫ２は、既に説明したように、ドライバのステアリング操作の速さに関連するトルク微分値ΔＴに応じて、該トルク微分値ΔＴが大きいほど大きくなるように設定されている（図４（ｂ）参照）。このため、極低車速時や停車時を含む低車速時にドライバが急操舵（速いステアリング操作）を行ってトルク微分値ΔＴが不感帯ＤＺ以上に大きくなると、第２のアッテネータゲインＫ２が大きくなるので、偏差ΔＩに乗じられるアッテネータゲインＫが通常の低車速時（極低車速時等）の遅い操舵速度のときよりは大きくなる。

【００４７】

すると、偏差ΔＩが通常の低車速時の遅い操舵速度のときよりも増幅されるので、低車速時の急操舵でも応答性がよくなり、電動機８の駆動が目標値によく追従するようになる。このため、操舵フィーリングが改善される。また、極低車速時等に、従来のように電動機８の出力飽和の状態が長く続くことがなく、比例・積分手段２４（積分要素２４ｂ）における積分項が長い時間に渡って蓄積され、積分信号Ｉｉが大きな値になって制御が不安定になることが未然に阻止される。よって、電動機電流の振動の発生が抑制され、該振動に起因した音や振動（機械的な振動）が抑制され、ゴリ音が発生することがない。

【００４８】

なお、制御装置１２は、図６のフローチャートのようにアッテネータゲインＫを設定（演算）する。即ち、車速検出値Ｖを入力し（Ｓ１１）、この車速検出値Ｖに基づいてマップｍｐ（図３、図４（ａ）参照）を検索して車速検出値Ｖに対する第１のアッテネータゲインＫ１を取得する（Ｓ１２）。次に、トルク検出値Ｔを入力する（Ｓ１３）。このトルク検出値Ｔは今回値Ｔnowに代入される。ステップＳ１４では、トルク検出値Ｔの今回値Ｔnowと前回値Ｔoldの差を演算してトルク微分値（時間微分値）ΔＴを求める。そして、ステップＳ１５で第２のアッテネータゲインＫ２を演算する（Ｋ２＝ｋ×（ΔＴ－ＤＺ）。なお、第２のアッテネータゲインＫ２は図４（ｂ）のように、トルク微分値ΔＴが不感帯ＤＺ以上の値になると大きくなる。次に、ステップＳ１６では、アッテネータゲインＫを演算する（Ｋ＝Ｋ１＋Ｋ２）。そして、トルク検出値Ｔの今回値Ｔnowを前回値Ｔoldとして（Ｓ１７）処理を継続する。ちなみに、ステップＳ１１，Ｓ１２の処理は第１のアッテネータゲイン設定部２３ａが行い、ステップＳ１３，Ｓ１４，Ｓ１７の処理はトルク微分値演算手段２３ｂが行い、ステップＳ１５の処理は第２のアッテネータゲイン設定部２３ｃが行い、ステップＳ１６の処理は加算器２３ｄが行う。

【００４９】

このように制御することで、本実施形態の電動パワーステアリング装置１は、高車速時における良好な応答性、低車速時における静寂性が得られることに加え、低車速時にドライバが早いステアリング操作（急速操舵）を行っても電動機８の応答性が高められているので適切にアシストされ、操舵フィーリングが向上する。さらに、極低車速時や停車時にドラバが急操舵を行っても、応答性が高められているので、出力飽和による制御の不安定さが防止され、従来のように音（ゴリ音等）や振動が発生することが抑制される。また、不感帯ＤＺの設定によりトルク検出値Ｔのノイズ等に影響されない制御を行うことができる。なお、低車速時とは、例えば１０ｋｍ／ｈ以下の車速である。また、極低車速時とは、例えば５ｋｍ／ｈ以下の車速である。

【００５０】

なお、以上説明した本発明は、前記した実施形態に限定されることなく幅広く

変形実施することができる。例えば、急操舵時の応答性を高めるという観点からは、第１のアッテネータゲインＫ１を一定にして、第２のアッテネータゲインＫ２により急操舵に対処するようにしてもよい。

【００５１】

また、トルク微分値ΔＴから第２のアッテネータゲインＫ２を設定するマップｍｐは、不感帯ＤＺを設定して制御を安定なものにしているが（図３、図４参照）、不感帯ＤＺを設定することなく、二次曲線的、或いは指数的に第２のアッテネータゲインＫ２が増加するようにしてもよい。つまり、トルク微分値ΔＴが小さい部分での第２のアッテネータゲインＫ２が、より小さくなるようにしてもよい。このようにしても、制御の安定性が得られる。また、図４（ｂ）において、不感帯ＤＺを全く設定しないようにしてもよい。

【００５２】

また、第２のアッテネータゲイン設定部２３ｃ（図３参照）が車速を判断するようにして、極低車速時や停車時、かつトルク微分値ΔＴが不感帯ＤＺ以上の場合に、第２のアッテネータゲインＫ２を大きくするようにしてもよい。このようにすることで、例えば高速道路を高速クルージングする高車速時の走行安定性がよくなる。

【００５３】

また、トルク微分値ΔＴに基づいて第２のアッテネータゲインＫ２を設定するようにしたが、つまり、急操舵時の電動機８（図１参照）の応答性の向上はトルク検出値Ｔに基づいて行うようにしたが、該応答性の向上は、トルク検出値Ｔのほか、ステアリング軸の回転運動（操舵回転速度）等、ステアリングホイール３側の動き（機械的遅れが少ない部分の動き）から判断してもよい。また、例えば、偏差ΔＩの微分値（前回偏差－今回偏差、時間微分値）から急操舵の判断を行ってもよい。

【００５４】

また、アッテネータは、偏差ΔＴを何らかの手法により増幅する増幅手段であり、狭く解釈されるものではない。また、増幅と減衰は表裏一体の関係にあり、「増幅する」には「減衰を少なくする（例えば１以下の値を１に近づける）」と

いう意味も含むものとする。

【００５５】

【発明の効果】

以上説明した本発明のうち、請求項１に記載の発明によれば、急操舵時における電動機の応答性が改善されるので、低車速時に急操舵が行われても適切にドライバの操舵に対するアシストが行え、よって操舵フィーリングが向上する。また、音や振動の発生を抑制することができる。

また、請求項２に記載の発明によれば、制御が安定して行われるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明にかかる実施形態の電動パワーステアリング装置の全体構成を示す図である。

【図２】　図１の制御装置のブロック構成図である。

【図３】　図２のアッテネータのブロック構成図である。

【図４】　（ａ）は車速検出値と第１のアッテネータゲインとの関係を示す図であり（ｂ）はトルク微分値と第２のアッテネータゲインとの関係を示す図である。

【図５】　図１の電動機駆動手段の回路図である。

【図６】　アッテネータゲインＫを設定する動作を示すフローチャートである。

【符号の説明】

Ｓ…ステアリング系

１…電動パワーステアリング装置

２…手動操舵力発生手段

３…ステアリングホイール

８…電動機

１２…制御装置（電動パワーステアリング用制御装置）

１３…電動機駆動手段

１４…電動機電流検出手段

２１…目標電流設定手段

２２…偏差演算手段

２３…アッテネータ（増幅手段）

２３ａ…第１のアッテネータゲイン設定部

２３ｂ…トルク微分値演算手段（増幅率増加手段）

２３ｃ…第２のアッテネータゲイン設定部（増幅率増加手段）

２３ｄ…加算器

２３ｅ…乗算器

２４…比例・積分制御手段

２４ａ…比例要素（比例制御手段）

２４ｂ…積分要素（積分制御手段）

２４ｃ…加算器

２５…制御信号発生手段

ＴＳ…操舵トルクセンサ

Ｔ…トルク検出値

ＶＳ…車速センサ

Ｖ…車速検出値

ＩＭＯ…電動機電流値（電流検出値）

ＩＭＳ…目標電流値

ΔＩ…偏差

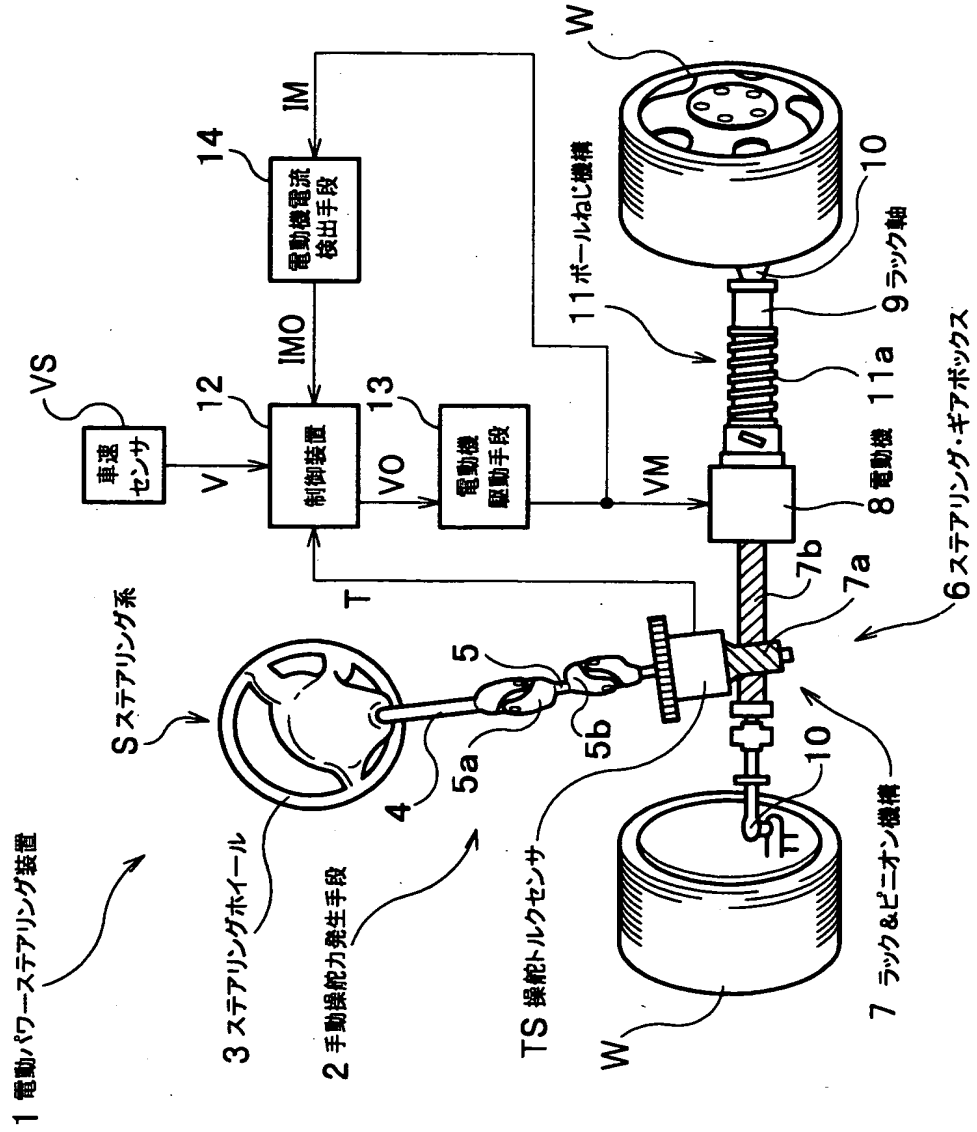
Ｋ…アッテネータゲイン（増幅率）

Ｋ１…第１のアッテネータゲイン

Ｋ２…第２のアッテネータゲイン

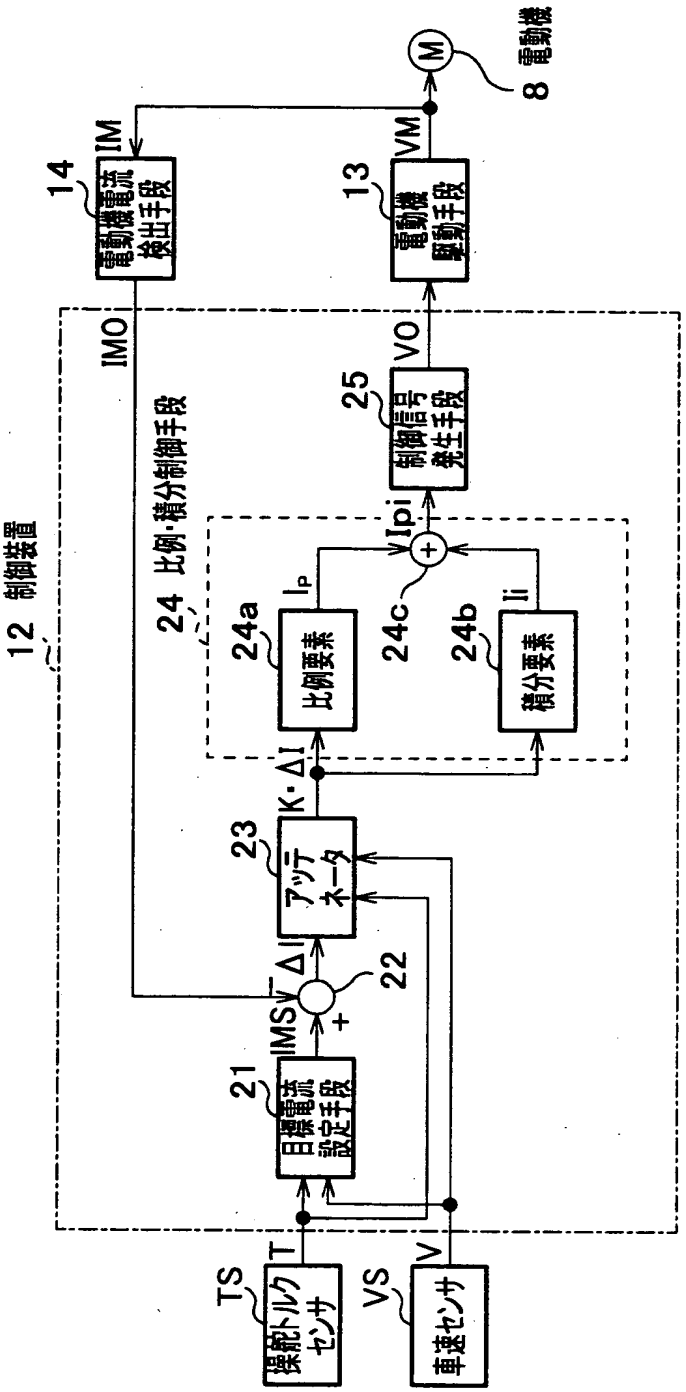
【書類名】　　図面

【図１】

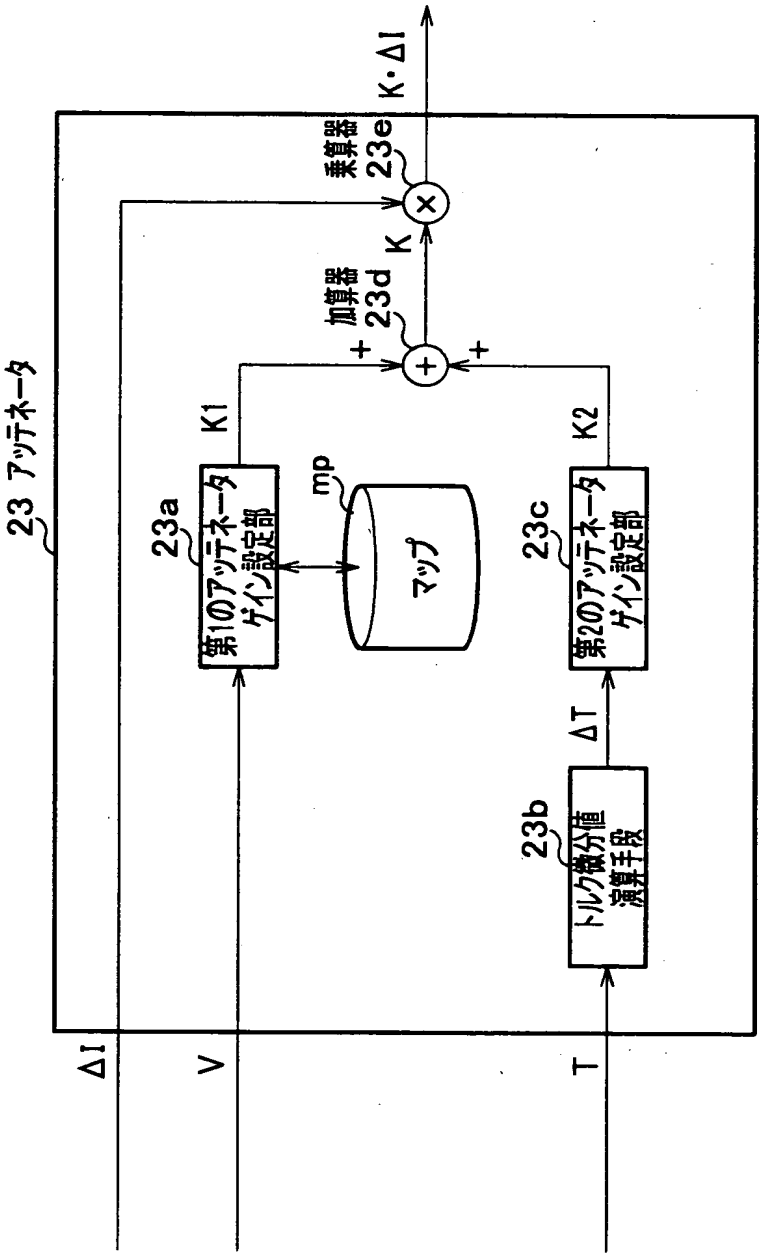


出証特２００３－３０４３７８０

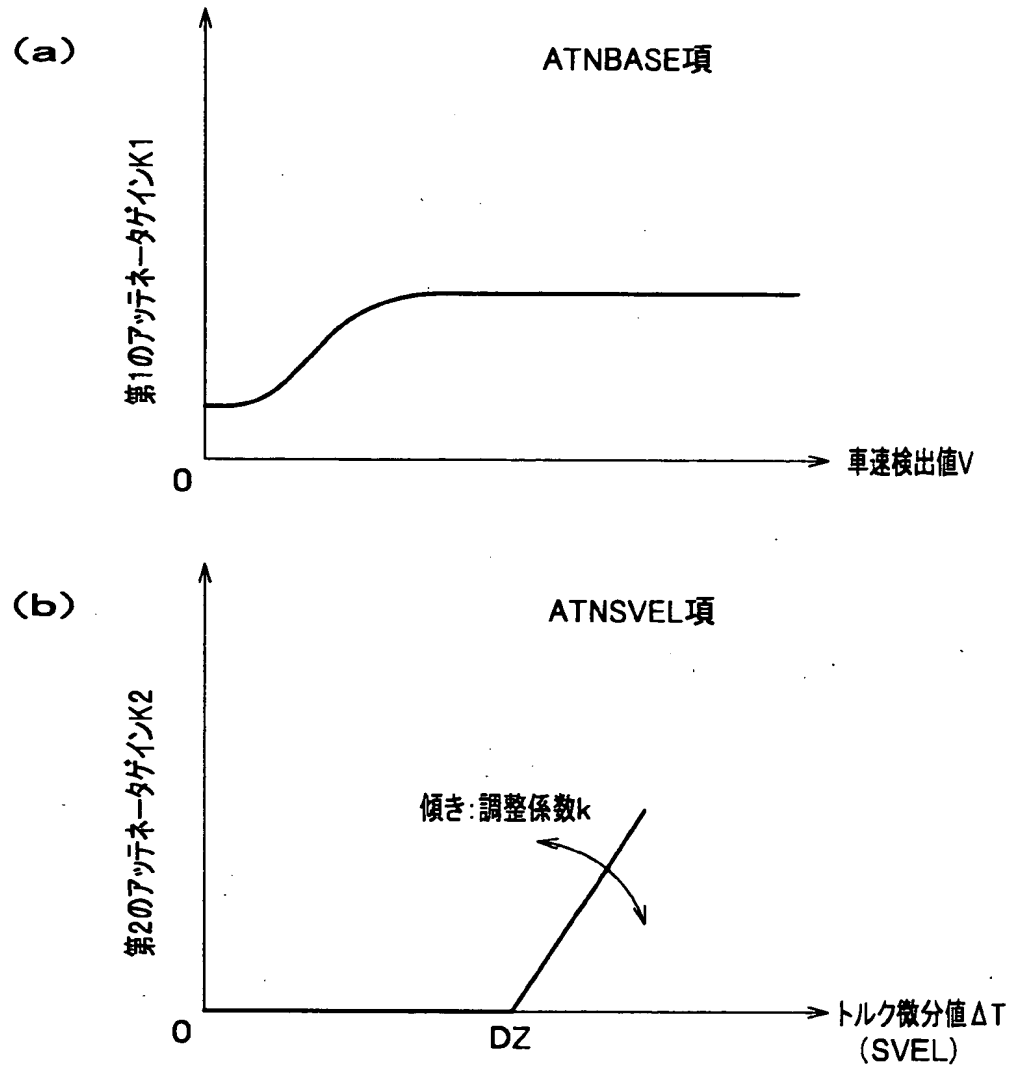
【図２】


8 電動機
M
IM
14
電動機電流検出手段
13
電動機駆動手段
VM
IMO
VO
25
制御信号発生手段
12 制御装置
24 比例・積分制御手段
Ipi
24a
比例要素
Ip
24c
24b
積分要素
Ii
K・ΔI
23
アッテネータ
ΔI
22
IMS
21
目標電流設定手段
T
TS
操舵トルクセンサ
V
VS
車速センサ

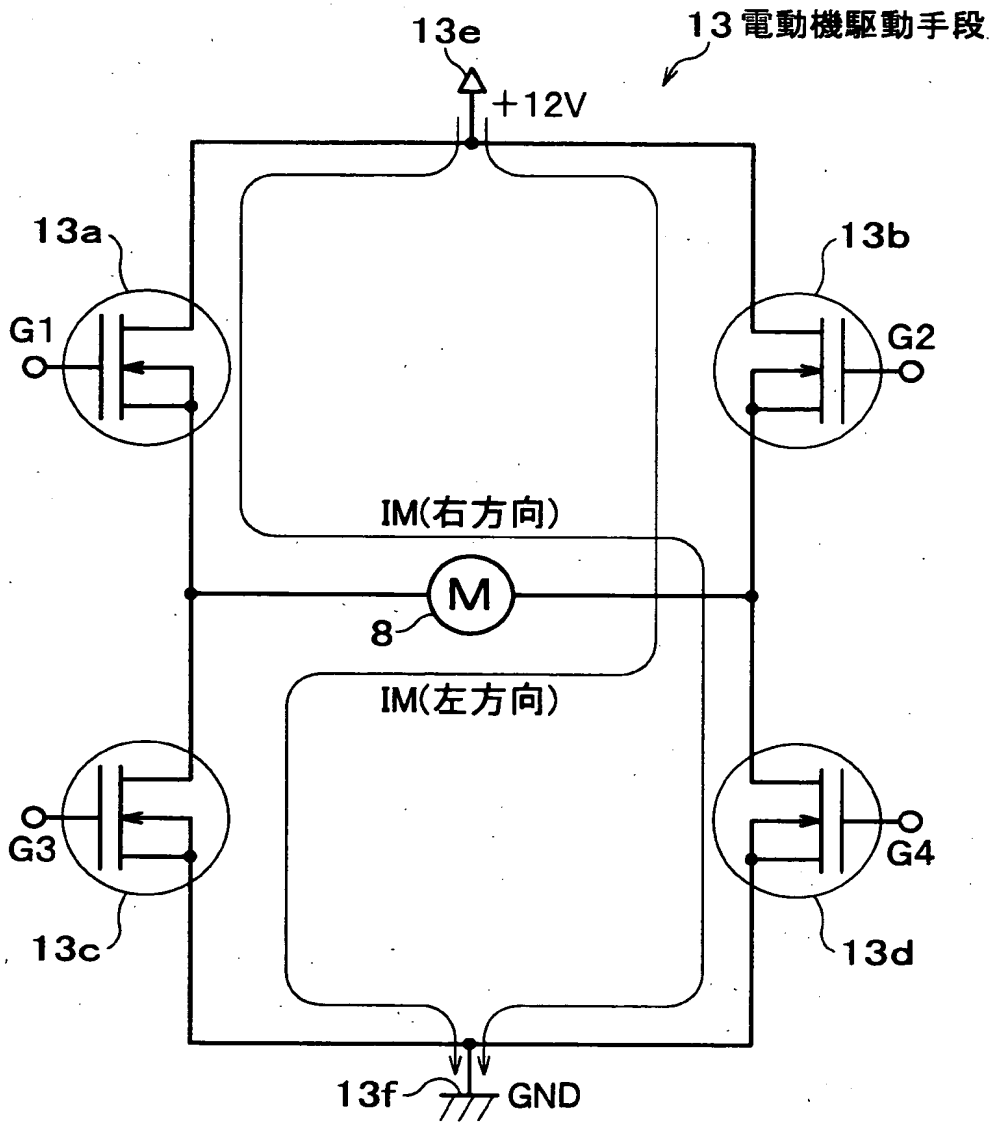
【図３】


K・ΔI
乗算器
23e
K
加算器
23d
+
+
+
23 アッテネータ
K1
K2
23a
第1のアッテネータ
ゲイン設定部
mp
マップ
23c
第2のアッテネータ
ゲイン設定部
ΔT
23b
トルク微分値
演算手段
ΔI
V
T

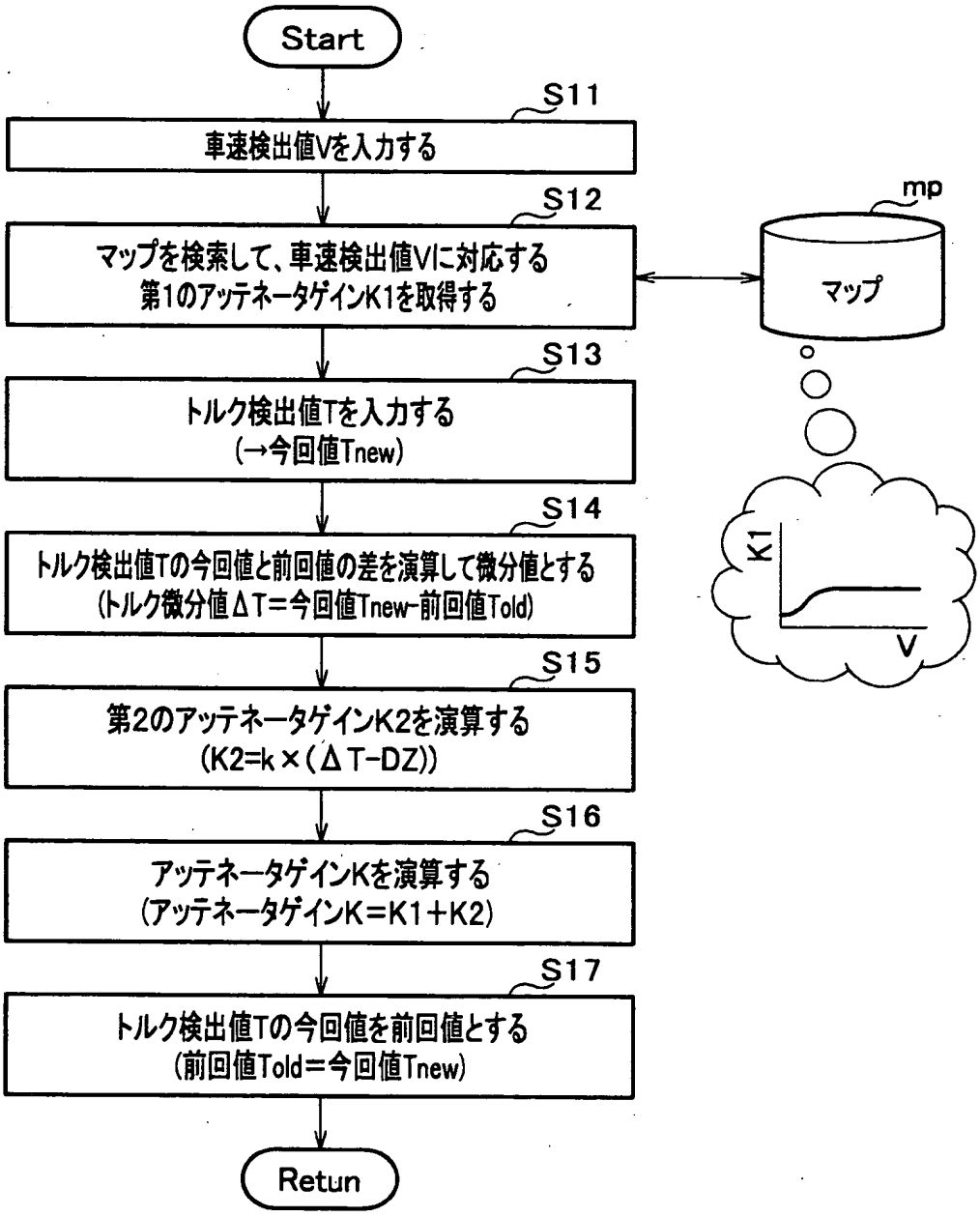
【図４】


(a)
ATNBASE項
第1のアッテネータゲインK1
0
車速検出値V
(b)
ATNSVEL項
第2のアッテネータゲインK2
傾き:調整係数k
0
DZ
トルク微分値ΔT
(SVEL)

【図５】


13e
13 電動機駆動手段
+12V
13a
13b
G1
G2
IM(右方向)
M
8
IM(左方向)
G3
G4
13c
13d
13f
GND

【図６】


Start
S11
車速検出値Vを入力する
S12
マップを検索して、車速検出値Vに対応する
第1のアッテネータゲインK1を取得する
mp
マップ
S13
トルク検出値Tを入力する
(→今回値Tnew)
S14
トルク検出値Tの今回値と前回値の差を演算して微分値とする
(トルク微分値ΔT＝今回値Tnew-前回値Told)
S15
第2のアッテネータゲインK2を演算する
(K2=k×(ΔT-DZ))
S16
アッテネータゲインKを演算する
(アッテネータゲインK＝K1＋K2)
S17
トルク検出値Tの今回値を前回値とする
(前回値Told＝今回値Tnew)
Retun
K1
V

【書類名】　　要約書

【要約】

【課題】　極低車速時における音や振動の発生を抑制した、電動パワーステアリング用制御装置、及び電動パワーステアリング装置の制御方法を提供すること。

【解決手段】　ステアリング系に操舵補助力を作用させる電動機を、ステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサのトルク検出値Ｔと、電動機に流れる電流を検出する電動機電流検出手段の電流検出値に応じて少なくとも制御する電動パワーステアリング装置を、トルク検出値Ｔに応じて電動機を駆動する目標電流値を設定し、この目標電流値と電動機の実電流値との偏差ΔＩを求め、この偏差ΔＩに比例制御と積分制御を少なくとも行うようにすると共に、ステアリング系の急操舵時は偏差ΔＩを増幅（Ｋ・ΔＩ）するように制御を行う。

【選択図】　　図３

出　願　人　履　歴　情　報

識別番号　　〔０００００５３２６〕

１．変更年月日　　１９９０年　９月　６日
［変更理由］　新規登録
住　所　　東京都港区南青山二丁目１番１号
氏　名　　本田技研工業株式会社